

⑯ BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

⑯ Offenlegungsschrift  
⑯ DE 37 36 026 A 1

⑯ Int. Cl. 4:  
H 01 L 33/00

H 01 L 31/02  
H 01 S 3/02  
H 01 L 23/28  
H 01 L 21/56  
// H04B 9/00

⑯ Aktenzeichen: P 37 36 026.4  
⑯ Anmeldetag: 24. 10. 87  
⑯ Offenlegungstag: 3. 5. 89

DE 37 36 026 A 1

⑯ Anmelder:  
Standard Elektrik Lorenz AG, 7000 Stuttgart, DE

⑯ Erfinder:  
Ulmer, Michael, Dipl.-Ing. (FH); Luz, Gerhard,  
Dipl.-Phys., 7000 Stuttgart, DE; Robisch, Oliver,  
Dipl.-Ing. (TU), 7015 Korntal-Münchingen, DE

⑯ Optoelektronisches Bauelement und Verfahren zu dessen Herstellung

Es wird ein optoelektronisches Bauelement (1) vorgeschlagen, bei dem das Faserende eines Lichtwellenleiters (11) an eine Foto- oder Laserdiode gekoppelt und die Anordnung insgesamt mit lichtundurchlässigem Kunststoff (6) umspritzt ist.

Als Basis dient ein aus Metallband fortlaufend ausgestanzter Trägerstreifen, der eine Montagefläche für die Faserhalterung und angeprägte Montageflächen für die Foto- oder Laserdiode und ggf. für eine Monitordiode aufweist. Innerhalb der äußeren Kunststoffhülle ist der Faserankopplungsbereich entweder in transparenten Kunststoff eingebettet oder mittels einer Haube abgedeckt. Ein Endabschnitt des Trägerstreifens dient als Wärmeleitplatte (10), die zusammen mit mehreren Anschlußfahnen (7, 8, 9) und dem abgehenden Lichtwellenleiter (11) vom Kunststoffkörper (6) absteht.

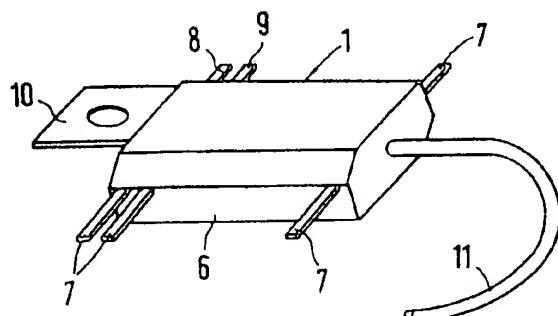


Fig.1

DE 37 36 026 A 1

## Beschreibung

Die Erfindung betrifft ein Bauelement der im Oberbegriff des Anspruchs 1 näher bezeichneten Ausführung. Derartige Bauelemente werden insbesondere in Systemen der optischen Nachrichten-Übermittlungstechnik verwendet.

Aus der DE-OS 30 46 415 ist ein als Lasermodul aus geführtes Bauelement bekannt, dessen Basisteil aus dem Kopfende eines Bolzens besteht. Der Bolzen weist sturzseitig einen im Querschnitt reduzierten Fortsatz auf, der als Fuß für einen am Fortsatzende angeordneten Laser dient. Neben diesem Fortsatz ist mit Abstand ein weiterer säulenartiger Fuß befestigt. Dieser trägt eine Lötzinnperle mit darin eingebettetem Lichtwellenleiter. Beide Fußanordnungen umschließt ein zylindrisches Metallgehäuse, das endseitig mittels einer Kappe abgedeckt ist. Das Gehäuse weist unter anderem eine seitliche Öffnung auf, in welcher eine Flanschhülse befestigt ist. Durch diese Flanschhülse hindurch erstreckt sich der Lichtwellenleiter bis vor den Laser. Das abstehende Ende der Flanschhülse ist durch geschmolzenes Lot hermetisch abgedichtet. Hinter dem Laser weist die Seitenwand des Gehäuses eine weitere Öffnung auf, in die ein Sockelteil mit darauf fixierter Photodiode eingesetzt ist.

Das Festlegen des Glasfaserendes geschieht bei noch offenem Gehäuse und eingeschaltetem Laser. Das zuvor metallisierte Ende des Lichtwellenleiters wird hierbei durch die Bohrung eines noch kalten Lötzinnkörpers gesteckt und der Körper auf dem Säulenfuß deponiert. Ein den Lichtwellenleiter haltendes Werkzeug, das von einem Mikromanipulator gesteuert wird, justiert den Lichtwellenleiter, bis die an seinem freien Ende gemessene Lichtleistung einen Optimalwert erreicht. Dann wird der aus einem niedrigschmelzenden Zinn bestehende Körper beispielsweise mittels einer einen separaten Laser enthaltenden Lötvorrichtung geschmolzen, wobei sich eine Lötpерle ausbildet, die nach dem Erstarren das Glasfaserende auf dem Säulenfuß in der justierten Lage fixiert.

Fertigungstechnisch ist das Lasermodul nur mit relativ großem Aufwand herstellbar. Es werden eine größere Anzahl verhältnismäßig kompliziert ausgebildete Einzelteile verwendet, deren Produktion und Montage kostenintensiv sind.

Ein bereits einfacher herstellbares optoelektrisches Bauelement (DE-OS 37 32 433), verwendet als Basisteil einen Metallblock. Dieser besteht aus einer Basisplatte mit einem stegförmigen Träger, auf dem eine Laserdiode angeordnet ist. Hinter dem Träger ist eine Montagefläche für die Ansteuer- und Regelschaltung der Laserdiode und vor dem Träger ein Befestigungsblock zur Halterung einer Faserendhülse vorgesehen. Die Faserendhülse enthält den mit dem Faserende auf die Laserdiode justierten Lichtwellenleiter, der dem Gehäuseinneren durch eine seitliche Wandöffnung zugeführt ist. Der Metallblock sitzt auf einem plattenförmigen Pelzerelement, das auf dem Boden eines flachen, im Querschnitt rechteckigen Metallgehäuses befestigt ist. Neben dieser Anordnung durchsetzen den Gehäuseboden in Preßglas eingeschmolzene Anschlußstifte, deren innerhalb der Gehäusekapsel liegende Enden gebondete Drahtverbindungen zur Laserdiode und zu deren Ansteuer- und Regelschaltung aufweisen. Auch dieses Bauelement ist in der Herstellung noch immer aufwendig und teuer.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein für die Großserienfertigung geeignetes optoelektrisches Bau-

element zu konzipieren und hierfür ein möglichst billiges Herstellungsverfahren anzugeben. Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß durch die im kennzeichnenden Teil des Anspruchs 1 angegebenen konstruktiven Maßnahmen und die im Anspruch 9 angegebenen Verfahrensmerkmale gelöst. Vorteilhafte Ausgestaltungen des Bauelementes und zweckmäßige Maßnahmen bei der Durchführung des Verfahrens sind den Unteransprüchen zu entnehmen.

Das vorgeschlagene optoelektrische Bauelement weist verschiedene Vorteile auf. Es ist fertigungstechnisch einfach und mit niedrigen Gestaltungskosten produzierbar. Der als Basis des Bauelementes dienende Trägerstreifen kann allein durch Stanzen und Prägen hergestellt werden. Außerdem ist er weitgehend eben, von allen Seiten offen und gestattet daher ein ungehindertes Montieren und Justieren der wenigen Einzelteile. Die freie Zugänglichkeit der Montageflächen erlaubt somit eine automatisierte Fertigung mit relativ einfachen Bewegungsabläufen. Dafür können herkömmliche Werkzeuge und Vorrichtungen verwendet werden. Die Verkapselungsmethode des Vergießens oder Umspritzens ist außerdem erheblich billiger als die bislang verwendeten teureren Metallgehäuse mit eingeglasten Anschlußstiften.

Die Erfindung wird anhand eines in Zeichnungen dargestellten Ausführungsbeispiels wie folgt näher beschrieben. Es zeigen:

Fig. 1 ein optoelektrisches Bauelement in perspektivischer Ansicht;

Fig. 2a den Ausschnitt eines Metallbandes mit im Umriß freigestanzten und geprägten Trägerstreifen in der Draufsicht;

Fig. 2b das Metallband der Fig. 2a gemäß Schnittlinie A-B;

Fig. 3a das Metallband der Fig. 2a, mit einer jeweils zwischen zwei Trägerstreifen angespritzten Haltestrebe in der Draufsicht;

Fig. 3b das Metallband der Fig. 3a gemäß Schnittlinie C-D;

Fig. 4 das Metallband der Fig. 3a mit an jeweils einer Längsseite der Trägerstreifen abgetrennten Anschlußfahnen in der Draufsicht;

Fig. 5a das Metallband der Fig. 4 mit vollständig montierten Trägerstreifen in der Draufsicht;

Fig. 5b das Metallband der Fig. 5a mit einem längsschnittenen Trägerstreifen in der Seitenansicht;

Fig. 6 das Metallband der Fig. 5a mit vollständig umspritzten Trägerstreifen in der Draufsicht.

In Fig. 1 ist das optoelektrische Bauelement insgesamt mit 1 bezeichnet. Es besteht im wesentlichen aus einem aus Blech gestanzten Trägerstreifen 2, auf dem eine Foto- oder Laserdiode 3 und ggf. eine Monitordiode 4 sowie eine an die aktive Fläche der Foto- oder Laserdiode gekoppelte Glasfaser angeordnet sind (Fig. 5a, 5b). Diese Anordnung ist in Kunststoff 6 eingebettet. Der Kunststoff bildet einen quaderartigen mechanisch robusten Körper, aus dem die Enden mehrerer Anschlußfahnen 7, 8, 9, eine Wärmeleitplatte 10 und der abgehende Lichtwellenleiter 11 hervorsteht.

Zur Herstellung des optoelektrischen Bauelementes 1 wird ein Metallband 12 einem Werkzeug mit mehreren Bearbeitungsstationen zugeführt (nicht dargestellt) und der Trägerstreifen 2 so im Umriß freigestanzt, daß er zunächst über äußere Randstreifen 13, 14 mit dem Metallband verbunden bleibt. Durch taktweisen Vorschub des Metallbandes 12 entsteht eine leitersförmige Bandkonfiguration, deren Sprossen die Trägerstreifen 2 bil-

den. Wie die Fig. 2a zeigt, werden beim Stanzen die Anschlußfahnen 7, 8, 9 freigeschnitten, welche in der Blechebene liegen, Abstand zueinander haben und auf beiden Längsseiten 15, 16 im rechten Winkel vom Trägerstreifen 2 abstehen. Außerdem kann zugleich ein Befestigungsschlitz 17 in den oberen, die Wärmeleitplatte 10 darstellenden Teil des Trägerstreifens 2 und bedarfsweise eine zwei Trennsteg 18 bildende Ausnehmung 19 am Ende der Wärmeleitplatte 10 ausgestanzt werden.

Die Wärmeleitplatte 10 stellt einen Teil des Trägerstreifens 2 dar, während der andere Teil als Basis für die Montage der Faserankopplung dient. Hierfür wird bei dem als Lasermodul ausgebildeten Bauelement 1 in einem weiteren Fertigungsschritt im Übergangsbereich zur Wärmeleitplatte 10 eine schräge Montagefläche 20 für die Monitordiode 4 und davor ein Sockel 21 für die Montage der Foto- oder Laserdiode 3 angeprägt. Die Montagefläche für die Foto- oder Laserdiode 3 verläuft parallel zur Blechebene des Trägerstreifens 2. Die zwischen dem Sockel 21 und der Wärmeleitplatte 10 vorgeogene Montagefläche 20 für die Monitordiode 4 und die Blechebene des Trägerstreifens 2 schließen dagegen einen Winkel von 135° ein, so daß die aktive Fläche der fixierten Monitordiode 4 in einem Winkel von 45° zur Rückseite der fixierten Laserdiode 3 steht.

Der Trägerstreifen 2 ist über seine Gesamtlänge vorgezugsweise gleich breit und der Sockel 21, die Montagefläche 20 sowie das Befestigungsschlitz 17 sind auf der Längsachse des Trägerstreifens hintereinander angeordnet. Der Sockel 21 und die Montagefläche 20 werden beim Prägen von der Blechunterseite nach oben durchgedrückt, wobei der Sockel 21 z.B. die Form eines Pyramidenstumpfes erhält (Fig. 2b) und die Montagefläche 20 für die Monitordiode 4 Wandungsteil einer im Querschnitt dreieckigen Blechnase sein kann. Bei dem in den Zeichnungen dargestellten Ausführungsbeispiel ist die Montagefläche 20 für die Monitordiode 4 durch eine zweifache Abbiegung des Trägerstreifens 2 hergestellt, derart, daß der Faserankopplungsteil und die Wärmeleitplatte 10 des Trägerstreifens 2 eine Stufe bilden.

Nach dem Freistanzen und Prägen des Trägerstreifens 2 werden relativ kurze Endabschnitte der Anschlußfahnen 7 dieses Trägerstreifens zusammen mit den ihnen zugekehrten Endabschnitten der Anschlußfahnen 8, 9 des zuvor fertiggestellten Trägerstreifens unter Einschluß der Randstreifen 13, 14 des Metallbandes 12 so mit Kunststoff umspritzt, daß eine mechanisch stabile Haltestrebe 22 entsteht, die mittig zwischen zwei benachbarten Trägerstreifen 2 liegt (Fig. 3a, 3b). Anschließend werden die zur Verbindung mit der Foto- oder Laserdiode 3 und der Monitordiode 4 vorgesehene Anschlußfahnen 8, 9 jeweils durch Wegstanzen eines kurzen Basisabschnittes vom Trägerstreifen 2 räumlich getrennt wie Fig. 4 zeigt.

Im weiteren Verlauf der Fertigung des Bauelementes 1 werden nun die Monitordiode 4 und die Laserdiode 3 mittels Kleben oder Löten auf den vorgesehenen Plätzen der Montagefläche 20 und des Sockels 21 fixiert und die Drahtverbindungen zu den Anschlußfahnen 8, 9 durch Bonden hergestellt.

Separat hierzu wird der vorpräparierte Lichtwellenleiter 11 in einer Halterung 23 befestigt. Die Halterung 23 kann beispielsweise eine metallene, den Lichtwellenleiter 11 kabelschellenartig übergreifende Faserhalteplatte oder eine Faserendhülse sein, in welche der Lichtwellenleiter 11 so eingeklebt ist, daß das abgemantelte Faserende 24 daraus hervorsteht.

Die derart kompletierte Anordnung wird sodann

dem Trägerstreifen 2 zugeführt und auf dem vorgesehenen Montageplatz abgesetzt. Hierbei erfolgt bereits eine grobe Ausrichtung der Glasfaser auf die Foto- oder Laserdiode 3, da Sockelhöhe, Montageebene und Faserhalterung so aufeinander abgestimmt sind, daß das Faserende 24 und die aktive Diodenfläche sich auf gleicher Höhe befinden. Nach dem sich daran anschließenden, in bekannter Weise während des Betriebes erfolgenden Justieren bis zur optimalen Lichtübertragung, wird die Halterung 23 auf dem Trägerstreifen 2 fixiert und wenigstens der das Faserende 24 sowie die Laser- und Monitordiode 3, 4 einschließende Kopplungsbereich dadurch geschützt, daß er zuerst mit transparentem Kunststoff vergossen und der Trägerstreifen 2 danach unter Einschluß der transparenten Kapsel mit einem lichtundurchlässigen Kunststoff 6 umspritzt wird.

Das Fixieren der vorzugsweise aus Stahl hergestellten Faser-Halterung 23 geschieht bei ebenfalls aus Stahl bestehendem Trägerstreifen 2 z.B. mittels Laserschweißen. Ist der Trägerstreifen 2 aus Kupfer- oder Messingblech gestanzt, wird die Halterung z.B. mittels Löten oder Kleben daran befestigt. Eine weitere Möglichkeit die Faserankopplung vorzunehmen besteht darin, daß das abgemantelte Faserende 24 in der optimal einjustierten Lage mit optischer Vergußmasse direkt auf die aktive Laserfläche geklebt und der Lichtwellenleiter 11 gleichzeitig mit Kleber unmittelbar auf dem Trägerstreifen 2 befestigt wird.

Bei einem abgewandelten Herstellungsverfahren werden Faserankopplung, Laser- und Monitordiode 3, 4 mit einer Haube z.B. aus Kunststoff abgedeckt und der Trägerstreifen 2 unter Einschluß des unter der Haube gebildeten Hohlraumes mit geschwärztem Kunststoff 6 vergossen.

Ohne Einbettung bleiben die verschiedenen Anschlußfahnen 7, 8, 9, die Wärmeleitplatte 10, der abgehende Lichtwellenleiter 11 und der sich zwischen den Längsseiten 15, 16 benachbarter Trägerstreifen 2 unmittelbar erstreckende Randstreifen 14 des Metallbandes 12.

Im letzten Fertigungsschritt wird das Bauelement 1 vom Metallband 12 getrennt. Hierbei werden die Anschlußfahnen 7, 8, 9 und der Randstreifen 14 auf beiden Längsseiten nahe den Haltestreben 22 und die Trennsteg 18 am Ende der Wärmeleitplatte 10 durchschnitten (Fig. 6). Die Bänder des Randstreifens 14 bilden nun Anschlußfahnen 7, die weitere Masseverbindungen gestatten oder als rein mechanische Halteklappen für die Befestigung des Bauelementes 1 auf einer Montageplatte genutzt werden können.

#### Patentansprüche

1. Optoelektrisches Bauelement mit einem an eine Foto- oder Laserdiode gekoppelten Lichtwellenleiter, welche auf einem Basisteil angeordnet und insgesamt verkapselt sind, dadurch gekennzeichnet, daß das Basisteil ein aus Blech gestanzter Trägerstreifen (2) ist, der mehrere Anschlußfahnen (7, 8, 9,) aufweist und welche, mit Ausnahme der Anschlußfahnen und des abgehenden Lichtwellenleiters (11) in lichtundurchlässigen Kunststoff (6) eingebettet ist.
2. Optoelektrisches Bauelement nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß ein Endabschnitt des Trägerstreifens (2) aus einer Wärmeleitplatte (10) und der andere Endabschnitt aus einer Montagefläche mit darauf gehaltertem Lichtwellenleiter (11)

besteht, dessen Faserende (24) auf die Foto- oder Laserdiode (3) ausgerichtet ist, welche auf einem zwischen Wärmeleitplatte (10) und Montagefläche vorgesehenen Sockel (21) fixiert ist.

3. Optoelektrisches Bauelement nach Anspruch 1 und 2, dadurch gekennzeichnet, daß zwischen dem Sockel (21) mit der Laserdiode (3) und der Wärmeleitplatte (10) eine zur Blechebene des Trägerstreifens (2) schräge Montagefläche (20) mit darauf fixierter Monitordiode (4) vorgesehen ist. 5

4. Optoelektrisches Bauelement nach Anspruch 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Montagefläche (20) für die Monitordiode (4) von einer stufenartigen Abbiegung des Trägerstreifens (2) gebildet ist. 10

5. Optoelektrisches Bauelement nach Anspruch 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Halterung (23) des Lichtwellenleiters (11) aus einer auf dem Trägerstreifen (2) befestigten Faserhalteplatte oder einer Faserendhülse besteht. 15

6. Optoelektrisches Bauelement nach Anspruch 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Faserankopplung des Lichtwellenleiters (11) aus einer Anordnung besteht, bei der das Faserende (24) direkt auf die aktive Fläche der Foto- oder Laserdiode (3) und der Lichtwellenleiter (11) unmittelbar auf die Montagefläche des Trägerstreifens (2) geklebt sind. 20

7. Optoelektrisches Bauelement nach Anspruch 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß innerhalb der Einbettung in lichtundurchlässigen Kunststoff (6) 30 auf dem Trägerstreifen (2) eine die Foto- oder Laserdiode (3), das Faserende (24) und ggf. der Monitordiode (4) einschließende Kapsel aus transparentem Kunststoff angeordnet ist.

8. Optoelektrisches Bauelement nach Anspruch 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß die aus Foto- oder Laserdiode (3), dem Faserende (24) des Lichtwellenleiters (11) und ggf. der Monitordiode (4) bestehende Faserankopplung innerhalb eines von einer Haube abgedeckten Hohlraumes auf dem mit 40 lichtundurchlässigem Kunststoff (6) umspritzten Trägerstreifen (2) angeordnet sind.

9. Verfahren zur Herstellung eines optoelektrischen Bauelementes mit einem an eine Foto- oder Laserdiode und ggf. einer Monitordiode gekoppelten Lichtwellenleiter, welche auf einem Basisteil angeordnet und insgesamt verkapselt sind, dadurch gekennzeichnet, daß zuerst ein mehrere Anschlußfahnen (7, 8, 9) und eine Wärmeleitplatte (10) aufweisender Trägerstreifen (2) aus Blech gestanzt 45 und die benötigten Montageflächen (z.B. 20) angeprägt werden, daß diese anschließend mit den Dioden (3, 4) sowie dem Lichtwellenleiter (11) bestückt und die erforderlichen Drahtverbindungen hergestellt werden, daß danach justiert, die optimale Faserankopplung fixiert und der Ankopplungsbereich gegen Eindringen von lichtundurchlässigem Kunststoff (6) geschützt wird, mit dem die Anordnung schließlich umspritzt wird. 50

10. Verfahren nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet,

- daß aus einem Metallband (12) fortlaufend an Randstreifen (13, 14) und Trennstegen (18) zunächst miteinander verbunden bleibende Trägerstreifen (2) mit an den Längsseiten (15, 16) abstehenden Anschlußfahnen (7, 8, 9) freigestanzt werden,
- daß die Trägerstreifen (2) mittels Prägen

einen Sitz für die Foto- oder Laserdiode (3) und ggf. eine schräge Montagefläche (20) für die Monitordiode (4) erhalten,

– daß die freien Enden der sich gegenüberstehenden Anschlußfahnen (7, 8, 9) von zwei benachbarten Trägerstreifen (2) einschließlich der Randstreifen (13, 14) des Metallbandes (12) in eine Haltestrebe (22) aus Kunststoff eingespritzt werden,

– daß die Anschlußfahnen (8, 9) für die Laser- und Monitordiode (3, 4) durch Wegstanzen eines jeweils kurzen Basisabschnittes räumlich vom Trägerstreifen (2) getrennt werden,

– daß der Trägerstreifen (2) mit Foto- oder Laserdiode (3) und ggf. der Monitordiode (4) bestückt und durch Bonden Drahtverbindungen zu den Anschlußfahnen (8, 9) hergestellt werden,

– daß der insoweit vervollständigten Anordnung ein separat vorpräparierter Lichtwellenleiter (11) zugeführt, und dessen Faserende (24) auf die aktive Fläche der Foto- oder Laserdiode (3) justiert und der Lichtwellenleiter (11) auf dem Trägerstreifen (2) fixiert wird,

– daß die aus Foto- oder Laserdiode (3), dem Faserende (24) und ggf. der Monitordiode (4) bestehende Faserankopplung gegen Eindringen von lichtundurchlässigem Kunststoff (6) geschützt und der Trägerstreifen (2) unter Auslassung der Wärmeleitplatte (10) und den Enden der Anschlußfahnen (7, 8, 9) vollständig in den Kunststoff (6) eingebettet wird,

– daß die Trennsteg (18) sowie die Anschlußfahnen (7, 8, 9) und der Randstreifen (14) nahe den Haltestreben (22) durchschnitten werden.

11. Verfahren nach Anspruch 9 und 10, dadurch gekennzeichnet, daß der Lichtwellenleiter (11) und das Faserende (24) vor dem Justieren auf die Foto- oder Laserdiode (3) in einer separaten Halterung (23) befestigt werden und die Halterung nach beendeter Justage auf dem Trägerstreifen (2) fixiert wird.

12. Verfahren nach Anspruch 9 und 10, dadurch gekennzeichnet, daß vor dem Umspritzen des Trägerstreifens (2) mit lichtundurchlässigem Kunststoff (6) der Faserankopplungsbereich in transparenten Kunststoff eingebettet wird.

13. Verfahren nach Anspruch 9 und 10, dadurch gekennzeichnet, daß vor dem Umspritzen des Trägerstreifens (2) mit lichtundurchlässigem Kunststoff (6) der Faserankopplungsbereich mit einer Haube abgedeckt wird.

3736026

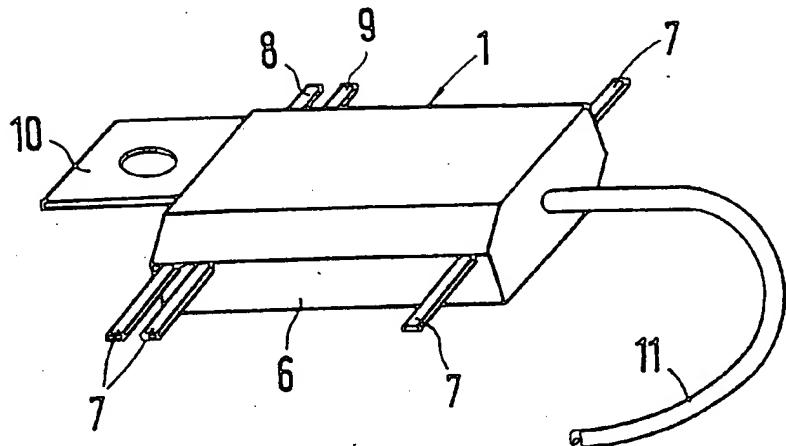


Fig. 1

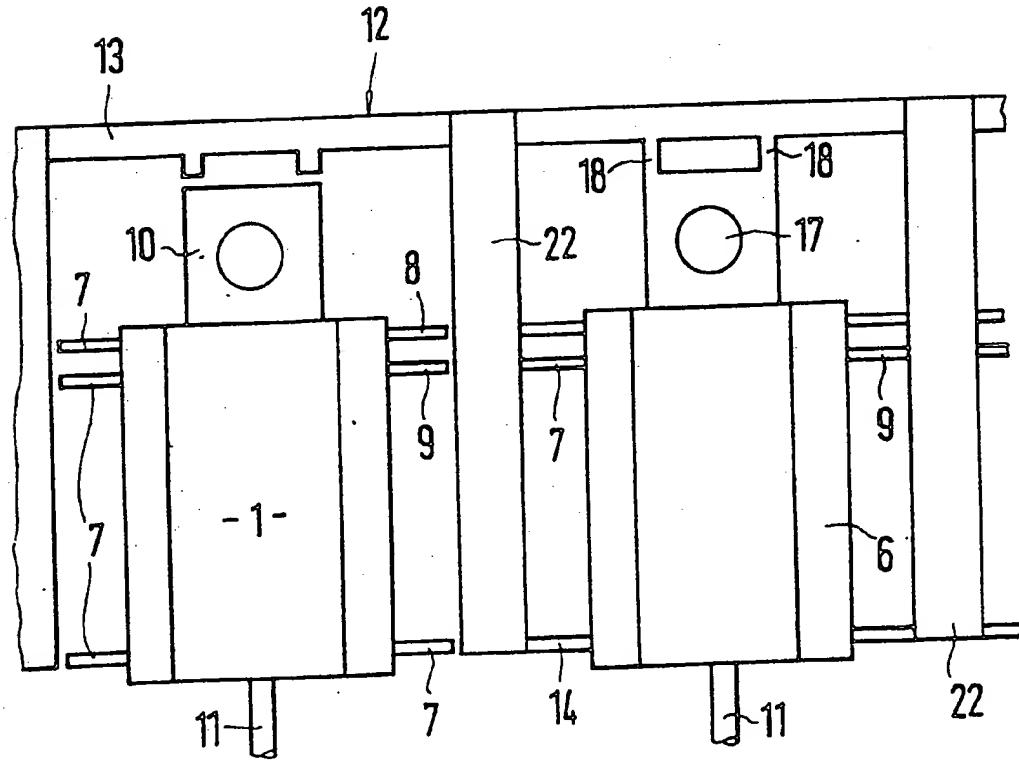


Fig. 6

908 818/351

M. Ulw

16

3736026

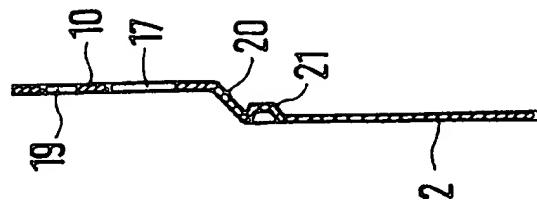
M. Ulmer 2-3-1  
20. 10. 87

Fig. 2b

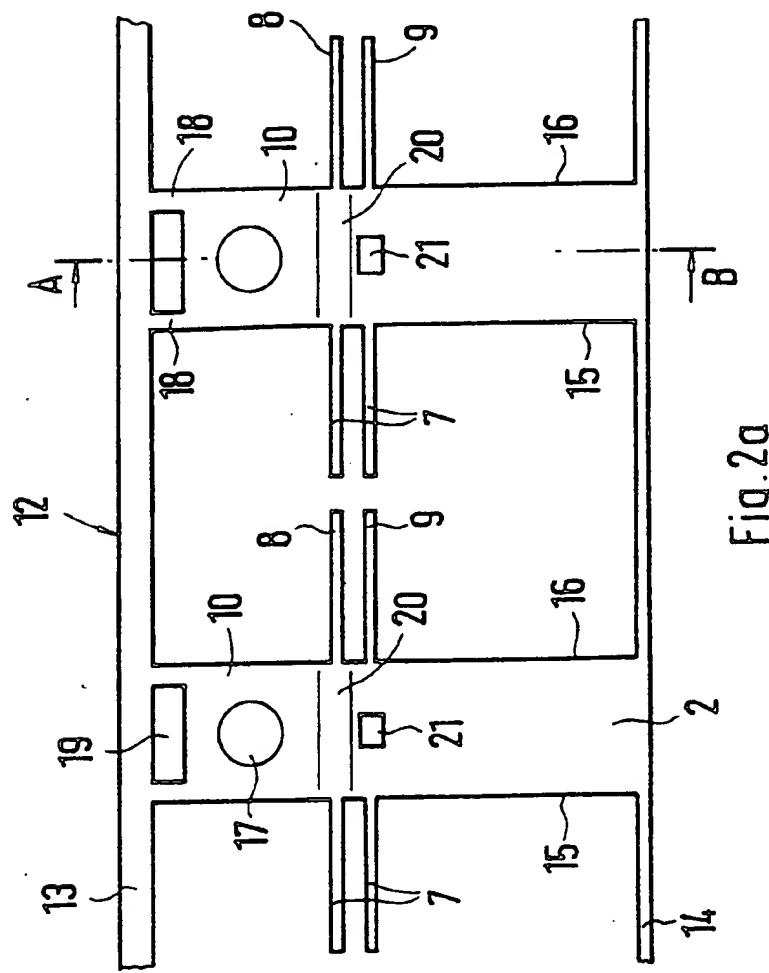


Fig. 2a

3736026

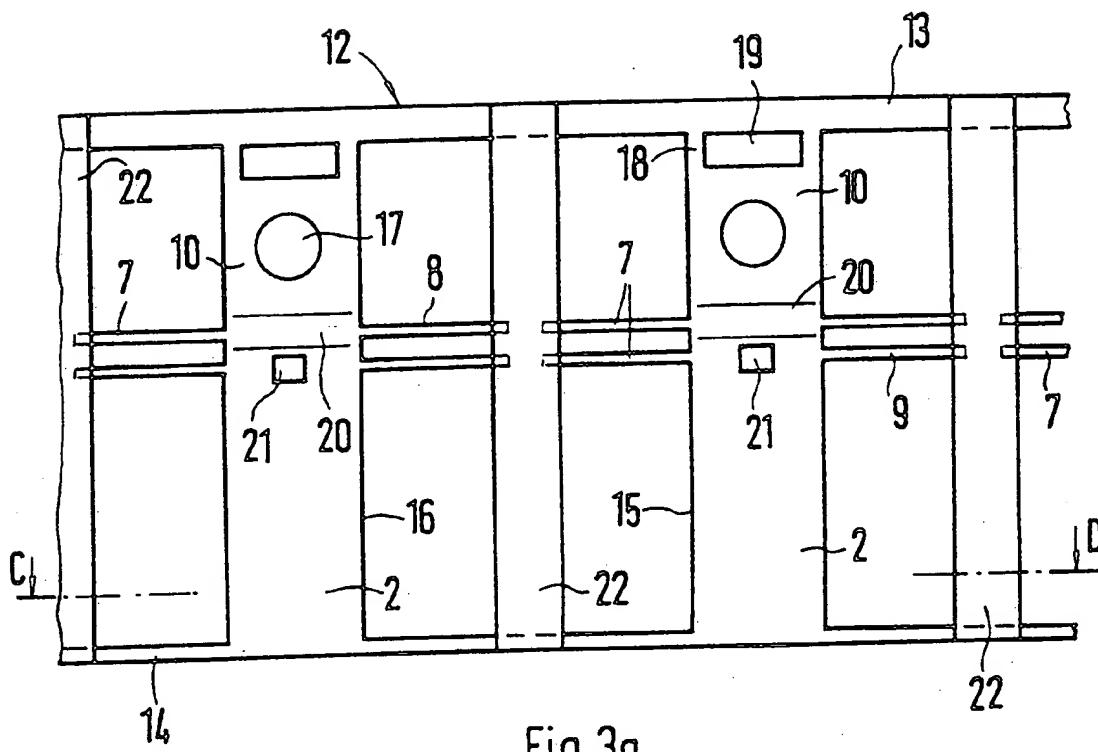


Fig. 3a

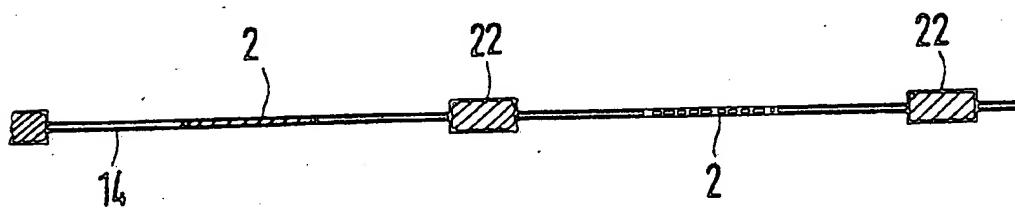


Fig. 3b

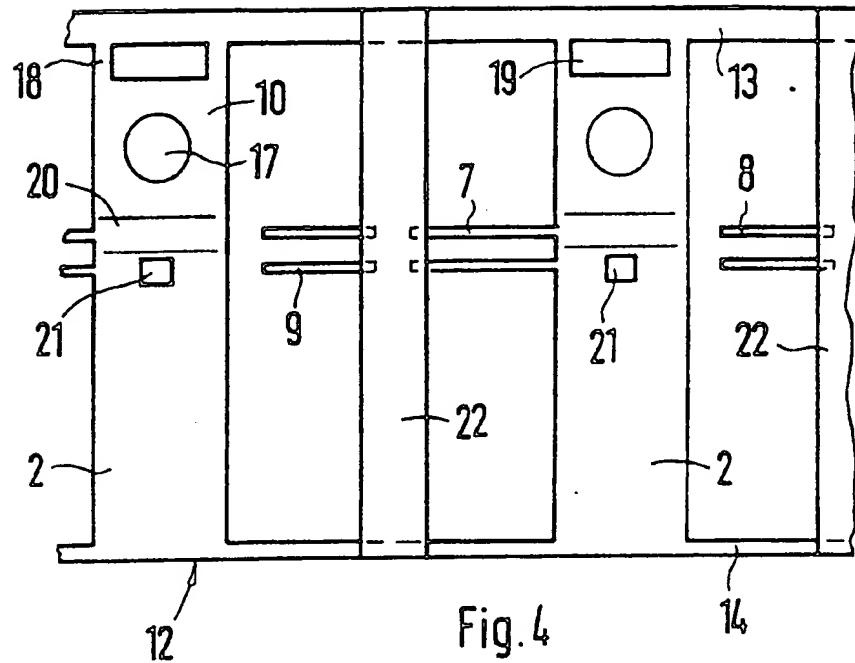


Fig. 4

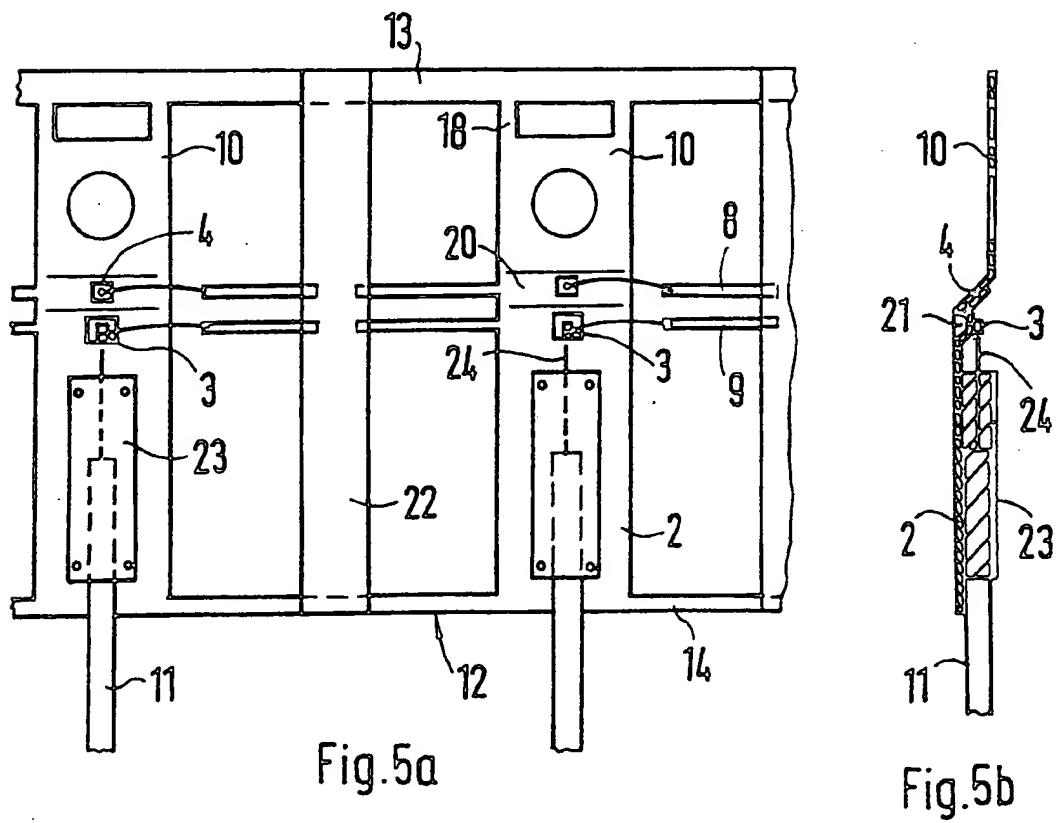


Fig. 5a

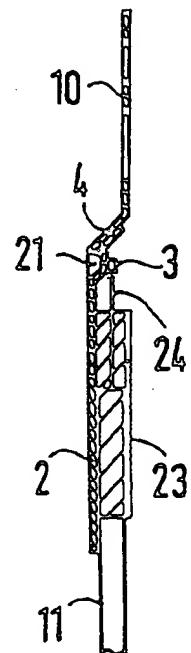


Fig. 5b